

KANGAL TERMİK SANTRALİNİN ÇEVREYE ETKİLERİ VE SANTRAL ATIKLARININ KULLANIMININ RADYOLOJİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ¹

The Effects Of Kangal Thermal Power Plant To The Enviroment And Radiological Evaluation Of Usage Of Thermal Power Plant Wastes

Elif GÖREN
Fizik Anabilim Dalı

Zehra YEĞİNGİL
Fizik Anabilim Dalı

Şeref TURHAN
Fizik Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada, kömür yakıtlı Sivas Kangal Termik Santrali'nin çevredeki doğal radyonüklit derişimine olan etkisi ve uçucu kül ve cüruf atıklarının inşaat sektöründe ve jeoteknik uygulamalarda katkı hammaddesi kullanılabilirliği radyolojik açıdan değerlendirildi. Santralin yakınından toplanan 110 adet toprak örneğinin ve 12 adet linyit kömür, 13 adet uçucu kül ve 12 adet cüruf örneğinin içerdği doğal (²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K) ve yapay (¹³⁷Cs) radyonüklitlerin aktivite derişimleri, HPGe dedektörlü bir gama-ışını spektrometresi kullanılarak ölçüldü. ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs'nin ortalama aktivite derişimleri, sırasıyla toprak örnekleri için 37,4 Bq/kg, 17,4 Bq/kg, 222,2 Bq/kg ve 13,8 Bq/kg, kömür örnekleri için 187,5 Bq/kg, 15,9 Bq/kg, 99,1 Bq/kg ve 5,9 Bq/kg, uçucu kül örnekleri için 903,3 Bq/kg, 43,2 Bq/kg, 307,9 Bq/kg ve 16,9 Bq/kg ve cüruf örnekleri için 619,8 Bq/kg, 40,9 Bq/kg, 329,6 Bq/kg ve 14,8 Bq/kg olarak bulundu. Açık havada soğurulan gama-ışını doz hızı, dış ışınlamadan ve radonunu solunumdan kaynaklanan yıllık etkin radyasyon dozları, yaşam boyu kanser riski, santral işçileri ve toplum bireyleri için farklı senaryolar kapsamında yıllık etkin radyasyon dozları, radyum eş değer aktivite indisi, aktivite derişim indisleri ve alfa indisi, radyoekolojik ve radyolojik değerlendirmeye yönelik olarak hesaplandı ve ulusal ve uluslararası ölçüt değerler ile karşılaştırıldı.

Anahtar Kelimeler : Radyoaktivite, ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, gama spektrometresi.

ABSTRACT

In this study, the influence of Kangal coal-fired Thermic Power Plant (CFPP) on natural radionuclide concentrations and usability of fly ash and slag wastes as additives raw materials in construction industry and geotechnical applications was evaluated from a radiological point of view. Activity concentrations of natural (²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K) and artificial (¹³⁷Cs) radionuclides in 110 soil samples collected from near of Kangal CFPP, 12 coal samples, 13 fly ash samples and 12 slag samples were measured by using a gamma-ray spectrometer with HPGe detector. The average activity concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K and ¹³⁷Cs were measured as 37.4, 17.4, 222.2 and 13.8 Bq/kg for soil samples, 187.5, 15.9, 99.1 and 5.9 Bq/kg for coal samples, 903.3, 43.2, 307.9 and 16.9 Bq/kg for fly ash samples and 619.8, 40.9, 329.6 and 14.8 Bq/kg for slag samples, respectively.

¹Aynı başlıklı Doktora tezinden üretilmiştir.

Outdoor absorbed gamma dose rate, annual effective dose rates from external exposure and inhalation of radon, lifetime cancer risk, annual effective dose for

* Aynı başlıklı Doktora tezinden üretilmiştir.

members of public and workers for different scenarios, radium equivalent activity index, activity concentration indexes and alpha index were estimated for radioecological and radiological evaluation and compared with national/international criterion values.

Key Words : Radioactivity, ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, gamma ray spectrometry

GİRİŞ

Enerji üretimi ve tüketimi, sosyal kalkınma ve gelişmenin temel göstergesidir. Türkiye, nüfusu ve ekonomisi ile büyümekte olan bir ülkedir ve enerji talebi her yıl önemli ölçüde artmaktadır. Talep edilen enerjinin üretilmesi, iletilmesi ve tüketilmesi aşamalarında giderek artan çevre sorunları meydana gelmektedir. Ülkemizde, taşkömürü, linyit, asfaltit, ham petrol, doğal gaz gibi fosil kaynak rezervleri ile hidrolik, jeotermal, güneş, rüzgar ve biyokütle enerjisi gibi birincil enerji kaynak potansiyelleri bulunmaktadır (TAEK, 2008).

Bu kaynakların kullanımı nedeniyle toplum bireyleri yaşamları boyunca doğal ve yapay radyoaktif kaynaklardan yayınlanan alfa, beta, gama ve X-ışınları vb iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalabilmektedir. Bu maruziyet bireylerin yaşam standartlarına ve yaşadıkları bölgenin jeokimyasal yapısına ve çevresel parametrelere bağlı olarak değişebilmektedir. UNSCEAR (2008) raporunda, bireylerin maruz kaldığı radyasyon dozunun yaklaşık %85'nin doğal radyoaktiviteden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Doğal radyoaktiviteyi; atmosferdeki kozmik taneciklerin etkileşmesi ile oluşan kozmojenik radyonüklitler ve yıldızlardaki nükleosentez süreci ile oluşan yer kabuğu asfalt kökenli primordiyal radyonüklitler oluşturmaktadır. Primordiyal radyonüklitler uranyum (²³⁸U), toryum (²³²Th), aktinyum (²³⁵U) doğal radyoaktif serilerine ait radyonüklitleri ve radyoaktif potasyumu (⁴⁰K) oluşturmaktadır. Bitkiler, gıdalar, içme suları, yapı malzemeleri vb. yer kabuğu kökenli bütün çevresel ve endüstriyel örnekler, yukarıda sözü edilen primordiyal radyonüklitleri farklı derişim miktarlarında içermektedir. (UNSCEAR, 2008).

Bireyler, bu doğal radyonüklitlerden yayınlanan iyonlaştırıcı radyasyona iki farklı şekilde maruz kalabilirler: (1) Bireyler hem açık ortamda yer kabuğu kökenli primordiyal ve kozmojenik radyonüklitlerden yayınlanan hem de zamanlarının büyük bir kısmını kapalı ortamda geçirdiği, binaların yapımında kullanılan yer kabuğu kökenli yapı malzemelerinin ve binaların temelinde bulunan kayaç ve toprağın içerdiği bu primordiyal radyonüklitlerden yayınlanan gama ışınlarına maruz kalabilir. Bu maruziyet dış ışınlama olarak isimlendirilmektedir. (2) Kapalı ve açık ortamlara salınabilen ve havadaki partiküllere tutunabilen ²³⁸U serisindeki radyumun (²²⁶Ra'nın) bozunum ürünü olan radyoaktif radon (²²²Rn) gazı ve

bizmut (^{214}Bi), kurşun (^{214}Pb) gibi kısa yarı ömürlü bozunum ürünlerinin solunması veya gıdaların ve içme sularının sindirilmesi sonucunda, vücuda alınabilen radyonüklitlerden yayınlanan alfa ve beta ışınlarına maruz kalabilir. Bu maruziyet ise iç ışınlama olarak isimlendirilmektedir. Derişimleri yüksek olan radyonüklitleri içeren, yapı malzemelerinin kullanıldığı bina içinde yaşaması veya yüksek radyoaktivite içeren gıdaları tüketmeleri veya doğal radyoaktivitesi yüksek olan çevre şartlarında yaşanılması durumunda bireylerin maruz kaldıkları radyasyon dozu, zaman ölçeğinde, sağlık açısından olumsuz etkilere yol açabilir. Özellikle iç ışınlama akciğer dokusuna zarar vererek kanser riskini artırabilmektedir.

Elektrik enerjisi üretmek amacıyla kurulan katı yakıtlı termik santrallerde kullanılan kömürlerde katkıda bulunmaktadır. Bu santrallerde kullanılan kömür, karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş yanabilen ve oluşumuna göre linyit, bitümlü (taş kömürü), altbitümlü ve antrasit tipleri olan tortul organik bir kayadır. Kömür, diğer tür kayalar gibi doğal olarak primordiyal radyonüklitleri içermektedir. Türkiye’de aktif durumundaki 3’ü taşkömürü 12’si linyit kömürü ile çalışan 15 adet termik santralde, elektrik enerjisi üretmek için toz hâline getirilmiş yaklaşık 55,5 Mton kömür yakılmaktadır. Bu yakma sürecinin sonucu olarak, çeşitli atıklar (veya yan ürünler) meydana gelmektedir. Bu atıklar; yanma süreci esnasında kömürdeki mevcut minerallerin büyük bir kısmının erimesi ile oluşan, kazanların dibinde kazan altı cürufu, kazandibi külü (veya taban külü), gazlar ile bacaya taşınan daha hafif olan uçucu kül (UK), kükürt oksitler (SO_2 , az miktarda SO_3), azot oksitler (NO , NO_2) ve baca gazı temizleme sürecinde meydana gelen jips (yapay alçı) olarak sayılabilir. Kömür yakıtlı termik santrallerde elde edilen külün %80’ini UK, %20’sini ise kazandibi külü oluşturmaktadır. Kömürün yanma mineralinde bulunan doğal radyonüklitler, gazlar ve uçucu mineraller hariç taban külü ve uçucu kül arasında paylaşılır. Yanma sürecinde kömürdeki organik bileşenlerin uzaklaşması ile doğal radyonüklitler, külde ve cürufta daha yoğun olarak bulunmaktadır. Türkiye’deki kömür yakıtlı termik santrallerden yılda yaklaşık 15 milyon ton UK atık olarak elde edilmekte ve küllerin bir kısmı, kazı yapılan maden ocaklarındaki boşluklara doldurulmakta geriye kalanlar ise belli bölgelerdeki açık alanlarda depolanmak sureti ile kül yığınları oluşturulmaktadır. Açık alanlarda biriktirilen UK’ler, tarım ürünleri, hava ve su kalitesi açısından istenmeyen çevre problemlerine yol açmaktadır. Bu atıkların, özellikle UK’lerin, inşaat sektöründe ve farklı uygulama alanlarında değerlendirilmesi, katı atıkların miktarının azaltılması ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından önemli bir husustur (TAEK, 2008).

Bu tez kapsamındaki radyoekolojik ve radyolojik değerlendirmeye yönelik olarak öncelikle santralin bulunduğu alandan ve küllerin depolandığı alan ve santral merkez alınarak 5, 10, 20, 50 ve 100 m etrafından toprak örnekleri kömür, uçucu kül, ve cüruf örnekleri toplandı. Toplanan örneklerin doğal olarak içerdiği ^{238}U , ^{226}Ra , ^{234}Th ve ^{40}K radyonüklitlerinin aktivite derişimleri, HPGe dedektörlü bir gama-ışını spektrometresi kullanılarak ölçüldü. Ölçülen aktivite derişim değerleri esas alınarak çevrede yaşayan ve santralde çalışanların yıllık aldıkları radyasyon

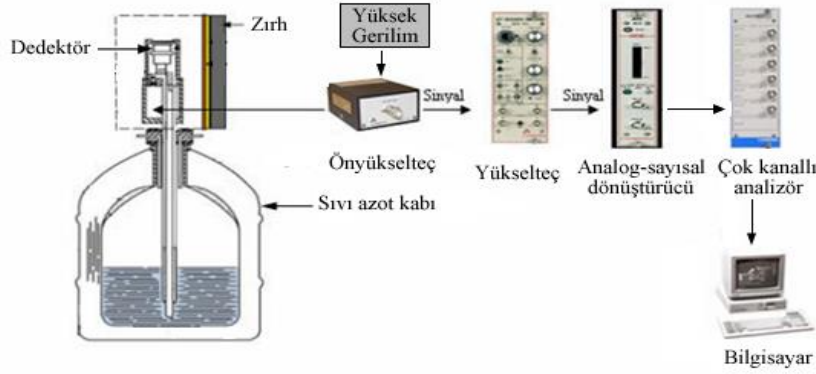
dozları farklı senaryolar için hesaplandı. Atıkların inşaat sektöründe katkı ham maddesi ve jeoteknik uygulamalarda dolgu malzemesi olarak kullanılması aktivite derişim indisi ve alfa indisleri hesaplanarak radyolojik açıdan değeriendirildi.

MATERYAL VE METOT

Sivas'ın Kangal ilçesinde bulunan Konya Şeker Enerji bağılı ortağı olan Kangal Termik Santral Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olan santral 457 MWe kurulu gücüyle Sivas'ın en büyük Türkiye'nin ise 43. en büyük santrallerinden biridir. Ayrıca tesis Türkiye'nin linyit termik santrallerinden 8. büyük santralidir. Kangal Termik Santrali ortalama 2.077.999.000 kWh elektrik üretimi ile 627.794 kişinin konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi günlük hayatında ihtiyaç duyduğu tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu santral sadece konutların elektrik üretimi dikkate aldığında ise 659.682 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır .

Bu tez kapsamındaki radyoaktivite ölçme işlemleri, eş eksenli ve p-tipi HPGe detektörlü (Canberra GX5020) gama-ışını spektrometresi kullanılarak yapıldı. Laboratuvar ortamındaki doğal fon radyasyonunu en aza indirebilmek amacıyla detektör, Canberra Model 767 kurşun zırh (9,5 mm kalınlığındaki çelik iskelet içinde 100 mm kalınlığında) ile zırhlanmıştır. Zırhın iç kısmı, 72–88 keV enerji aralığındaki kurşun X-ışınlarını önlemek için 1 mm kalınlığında kadmiyumla ve 24-28 keV aralığındaki X-ışınlarını önlemek için 1,5 mm kalınlığında bakır ile kaplanmıştır. Zırhın taban kısmında Pb ile kapatılmış 11,4 cm çapında halka şeklinde boşluk bulunmaktadır. Bu boşluktan detektör kabloları ve dikey geometrili kriyostat geçmektedir. Zırh içerisindeki etrafa saçılan radyasyonu en aza düşürmek için detektör zırhın merkezine konumlandırılmıştır. 50 L hacimli vakumlu (çift duvarlı) sıvı azot kabı azot soğutması için kullanılmıştır.

Detektör, ileri sayısal sinyal işleme (DSP) içeren ve tam özellikli 16-K çok kanallı sayısal spektrum analizörüne (DSA-1000) bağlıdır. DSA-1000, fotopikler otomatik olarak bulan, fotopikler değeriendiren, fotopiklerin belirsizliğini hesaplayan, kütüphanesi ile gerektiğinde radyonüklitleri belirleyen ve aktivite analizlerini yapabilen Genie-2000 gama spektroskopisi yazılım ile çalışmaktadır.



Şekil 1. Yüksek saflıktaki germanyum detektörlü gama-ışın spektrometresi (Gezer, 2011)

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez kapsamında, Sivas Kangal Termik Santralinin çevresinden toplanan 110 toprak örneği, yakıt olarak kullanılan 12 kömür örneği, atık olarak elde edilen 12 cüruf örneği ve 13 uçucu kül örneği olmak üzere toplam 147 örnek, radyometrik analize tabi tutularak her bir örneğin içerdiği doğal ve yapay radyonüklitlerin aktivite derişimleri ölçüldü.

Radyonüklitlerin aktivite derişimlerini ölçmek amacıyla hazırlanan örnekler, dedektör üzerine yerleştirilmiş ve 20000-86000 s arasındaki sayım sürelerinde her örneğe ait gama-ışını spektrumu elde edilmiştir. Bu gama-ışını spektrumlarında, 226Ra için 351,9 keV, 609,3 keV ve 1764,5 keV enerjili, 232Th için 911,2 keV ve 583,2 keV enerjili, 40K için 1460,8 keV enerjili ve 137Cs için 661,8 keV enerjili gama-ışını fotopikleri seçildi. İlgili gama-ışınlarının net fotopik alanları (sayımları), belli aralıklarla yapılan laboratuvar ortamı doğal fon ölçümlerine ait gama-ışını spektrumundaki ilgili gama-ışını fotopiklerin alanları çıkartılarak elde edildi. Toprak, kömür, cüruf ve uçucu kül örneklerine ilişkin ölçülebilir en düşük aktivite (ÖEA) değerleri aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplandı (Currie, 1968).

$$\text{ÖEA (Bq / kg)} = \frac{1,64 \cdot \sigma_{NB}}{\varepsilon \cdot P \cdot t \cdot M}$$

Burada, kapsam faktörü, %95 güvenilirlilik seviyesinde, 1,64; ise ilgilenilen fotopiklerin doğal fondaki (background) standart sapması (doğal fon spektrumunda ilgilenilen her bir fotopikteki net sayım değerlerinin karekökü); $\square$, HPGe dedektörünün mutlak verimi; P, bozunum başına gama yayınlanma ihtimali; t, ölçme süresi (s) ve M, kütle (kg) dir..

Çizelge 1. Toprak örneklerinde ölçülen radyonüklit aktivite derişimlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiki bilgiler

	Aktivite derişimi (Bq/kg)			
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
Ortalama	37,4	17,4	222,2	13,8
Standart Hata (SH)	0,4	0,3	2,9	0,6
Ortanca	38,1	17,2	224,2	11,1
Standart Sapma (SS)	4,7	3,2	30,0	6,6
Basıklık	2,8	-0,1	-0,3	-1,2
Çarpıklık	-1,1	0,4	-0,3	0,5
En Küçük	20,0	9,7	148,3	5,3
En Büyük	47,1	26,3	281,2	28,7

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez, Kangal Termik Santralinin radyolojik ve radyoekolojik değerdendirilmesine yönelik olarak yapılan ilk ve en ayrıntılı çalışmayı oluşturmaktadır. Tez kapsamında elde edilen sonuçlar, radyolojik ve radyoekolojik olmak üzere iki başlık altında değerdendirildi. Değerdendirmeler, ölçülen ve hesaplanan verilerin, tavsiye edilen ulusal/uluslararası ölçütler veya sınır değerdeler ve ortalama değerdeler ile karşılaştırılarak yapıldı.

Değerdendirme sonucu, toprak örneklerinde ölçülen ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K'ın ortalama aktivite derişim değerdelerinin, a) büyüklükleri, b) diğerd bölgelerde ölçülen ortalama aktivite derişim değerdeleri ile karşılaştırma sonucu c) uzaklıkla değerdememesi, Kangal Termik Santralinin bacasından atmosfere salınan uçucu küllerin, santral çevresindeki ekili dikili alandaki toprağın içerdidiğediğedi doğal radyoaktivite üzerindeki etkisinin, ihmal edilecek seviyede olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- CURRIE, L. A. Limits for qualitative detection and quantitative determination. Anal. Chem. 40, 586–593 (1968))
- GEZER F. 2011. Fosfojips'in doğal radyoaktifliğinin belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- TAEK, TR 2008–7. Türkiye' de Kullanılan Yapı Malzemelerindeki Doğal Radyoaktiviteden Kaynaklanan Radyasyon Dozunun Değerdendirilmesi, Ankara, 2009.
- UNSCEAR, 2008. Sources and effects of ionizing radiation. In: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations Publication, New York, USA.